

文章编号: 1672-8785(2009)09-0016-04

基于 ADN8831 芯片的红外热像仪精密 温度控制系统的设计

王立辉 陆段军

(中国科学院上海技术物理研究所, 上海 200083)

摘 要: 在光电应用领域中, 有很多红外热像仪对温度控制的精确性和稳定性有很高的要求。采用 ADN8831 温控芯片设计了一个高精度高性能的温度控制系统。实验测试结果表明, 该系统完全符合光电领域对温度稳定性的要求, 控制精度达到了 $0.01\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

关键词: 热电制冷器; ADN8831; 温度控制; PID

中图分类号: TP273 **文献标识码:** A

Design of Precise Temperature Controlling System of Infrared Cameras based on ADN8831 Chip

WANG Li-hui, LU Duan-jun

(Shanghai Institute of Technical Physics, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200083, China)

Abstract: In the field of optoelectronic application, many infrared cameras have the requirements of high accuracy and high stability in temperature controlling. A high accuracy and high performance temperature controlling system based on an ADN8831 chip is designed. The experimental results show that the system has its temperature controlling accuracy of $0.01\text{ }^{\circ}\text{C}$ which can meet the temperature stability requirement of the infrared cameras in the field of optoelectronic application.

Key words: thermo-electric cooler(TEC); ADN8831 chip; temperature controlling; PID

1 引言

在光电应用领域中, 有很多红外热像仪对温度控制的精确性和稳定性有很高的要求。非致冷红外探测器中的非晶硅、氧化钒等焦平面阵列对温度就非常敏感, 例如, 法国 ULIS 公司生产的 UL01011 型微测辐射热计要求工作在 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, 对温度稳定精度的要求就高于 $0.01\text{ }^{\circ}\text{C}$ [1]。只有尽可能地保证焦平面上各敏感元自身基准温度的一致性和稳定性, 才能提高热成像系统的分辨率, 抑制由此引起的工作波动, 减小后期非均匀性校正的难度, 从而从根本上改善非致冷红外焦平面系统的成像质量 [2,3]。为了得到较

好的测量结果, 就要对这些器件的工作温度进行精确的控制。

本文介绍一种基于 AD 公司的 ADN8831 温控芯片的高性能温度控制系统。

2 温控原理

在温度控制系统中, 采用热电制冷器 (TEC) 将目标物体稳定在设定温度。TEC 的温度稳定精度为 $\pm 0.01\text{ }^{\circ}\text{C}$, 这完全符合光电领域中对温度控制的要求。

TEC 是一个半导体 P-N 结器件, 它是利用赛贝克效应来加热和制冷的 [4]。当在 TEC 两端加直流偏置电流时, TEC 的一端会发热, 而另一

收稿日期: 2009-04-24

作者简介: 王立辉 (1982-), 男, 满族, 辽宁北镇人, 博士研究生, 主要从事红外光电技术研究。E-mail: wlh@ustc.edu

端就会制冷。发热的一端通常被称为“热端”，制冷的一端则被称为“冷端”。如果把 TEC 两端的偏置电流反向，则热端变为冷端，冷端变为热端。TEC 转移的热量与通过 TEC 的电流有关。电流越大，转移的热量就越多，但并非简单的线性关系。因此，目标物体的温度可以通过调节流过 TEC 两端电流的大小和方向来控制。但是 TEC 的电流一旦超过某个最大值，TEC 就不再会制冷而只会发热了，一个好的系统设计应该避免这种情况的发生。

图 1 是 TEC 的工作框图。图中，温度传感器用来感应 TEC 上目标物体的温度。设定温度是用一个设定点电压来表示的，将它与温度传感器产生的表示目标物体温度的电压通过一个运算放大器进行比较，产生一个偏差电压。这个偏差电压由差分放大器进行放大，同时，补偿网络对由目标物体引起的相位延迟进行补偿，然后，再通过 H 桥输出电流来控制 TEC。当目标物体的温度高于设定温度时，H 桥就朝 TEC 制冷的方向输出一定幅值的驱动电流；当目标物体的温度降低时，H 桥就会减小电流甚至反转

电流方向来对目标物体进行加热；当目标物体的温度达到设定温度时，H 桥就不会输出电流了。

3 温控电路设计

为了满足设计要求，目前一般采用单片集成式 TEC 温度控制器。AD 公司的 ADN8830、ADN8831 芯片，MAXIUM 公司的 MAX1968、MAX1978 芯片均可实现此功能。以 ADN8831 为例，它是目前优秀的单芯片、高集成度、高输出效率、高性能 TEC 驱动模块之一。图 2 为其温度控制的原理图。

ADN8831 的输入电压反映了温度设定值，然后将适当的电流送给 TEC 对控制目标加热或者制冷。目标温度通常由一个负温度系数的温度传感器热敏电阻 (CTN) 探测，再反馈到 ADN8831，然后通过控制环路来确定 TEC 最终的温度。它的内建闭环 PID 补偿控制网络可提供高的稳定性和低噪声。补偿网络可以由使用者自由调节，以得到最优的温度建立时间。晶振部分用于控制 MOSFET 的开关频率，采用一半开关输出，

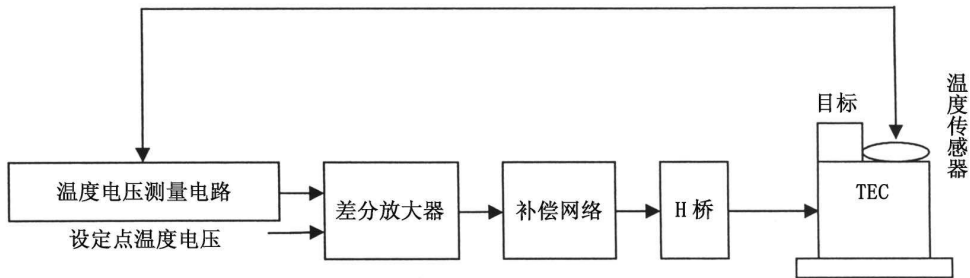


图 1 TEC 控制器功能框图

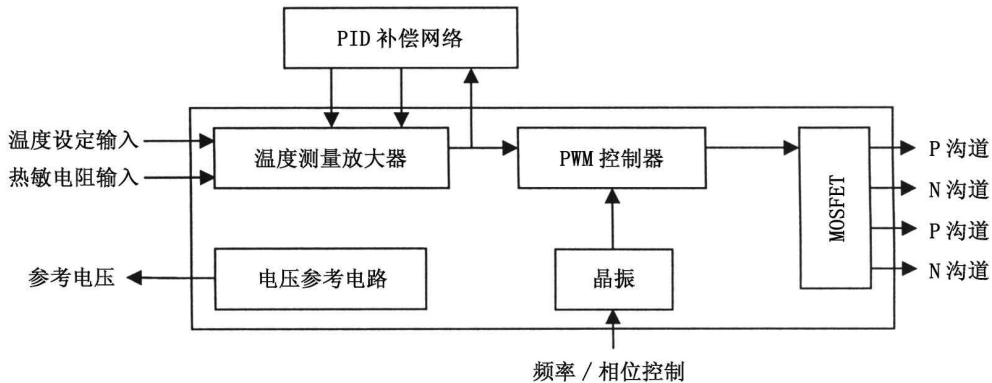


图 2 ADN8831 温控电路原理图

一半线性输出的 MOSFET 驱动器,可以减少一半输出电流纹波,同时可以减少一些外围器件,并可提高效率。该芯片还可提供反映当前温度大小和 TEC 两端电压的电压信号。采用 ADN8831 可以使微测辐射热计的温度稳定精度达到 0.01°C 。

图 3 为以 ADN8831 为核心的温度控制电路。通过一个简单的电阻分压将热敏电阻器 (CTN) 连接到偏差放大器上。CTN 在目标温度 (30°C) 下的阻值为 3.9K 。温度稳定后,电桥平衡,否则由偏差放大器产生的偏差电流经由 10K 电阻进入下一级补偿网络。补偿网络是由补偿放大器、外围电阻器和电容器构成的 PID 网络(图 3 中的虚线框部分)。可以通过调整电容值和电阻值来优化 TEC 的稳定时间和最大电流变化时的步进响应。TEC 中的电流是由 ADN8831 驱动外部 MOS 管来传输的。为了进一步提高功效,ADN8831 采用了一半线性输出一半开关输出的工作方式。开关输出部分只需要 1 只 $4.7\mu\text{H}$

的电感器、1 只 $22\mu\text{F}$ 的电容器和 1MHz 的开关频率,就可以使通过 TEC 的最差电压波动低于 $\pm 0.5\%$ 。MOS 管的开关频率由 ADN8831 中的晶振提供,它可以通过 FREQ 外接阻值来设置。

要实现控温电路的自动控制,关键是在做出正确的测量和比较后,要考虑如何才能更好地调整系统。这里我们采用经典的 PID 控制方法,PID 控制是最早发展起来的控制方法之一,由于其算法简单、可靠性高,已被广泛应用于工业过程控制。它由比例单元(P)、积分单元(I)和微分单元(D)三部分组成,是三种调节作用的综合,其中比例调节能使偏差较快地得到校正,积分调节主要用于消除静差,可提高系统的无差度。微分调节能反应偏差信号的变化趋势,并能在偏差信号值变得太大之前,在系统中引入一个有效的早期修正信号,从而加快系统的动作速度,减小调节时间^[5]。

PID 补偿网络的参数值直接影响着系统的稳定性和响应速度。例如,当比例控制 K_p 被加

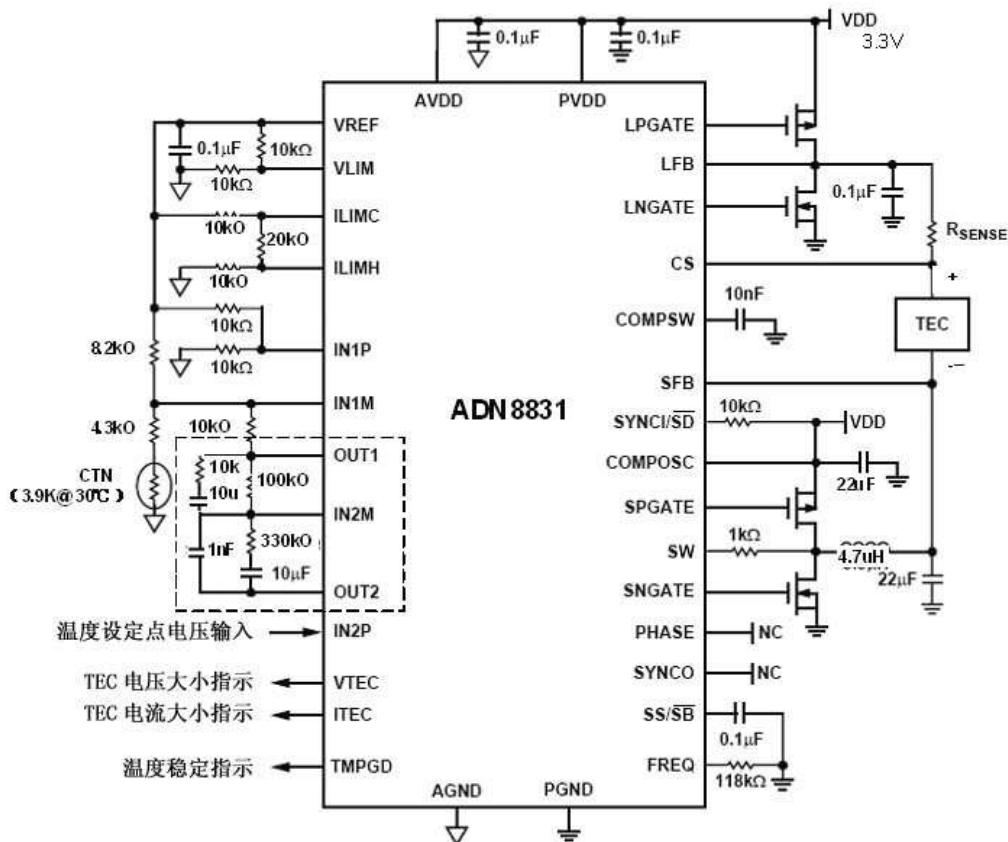


图 3 ADN8831 芯片的外围配置电路图

大时, 系统动作灵敏, 速度便加快。而当 K_p 太大时, 系统会趋于不稳定。若 K_p 太小, 振荡次数增加, 调节时间加长, 又会使系统的动作变得缓慢。通过积分控制 K_I , 通常可使系统的稳定性下降。 K_I 太小的话, 系统将不稳定。若 K_I 偏小, 振荡的次数较多, 对系统的性能影响可减小。只有当 K_I 合适时, 过渡特性才比较理想。微分控制可以改善动态特性, 如超调量减小, 调节时间缩短, 因而允许加大比例控制, 使稳态误差减小, 提高控制精度^[6]。因此要精心调试参数, 以提高系统的稳定性。

经实验证实, 当参数值分别为图 3 中虚线框中所示时, 系统的稳定性能较好。

4 测试结果

对设计的温度控制系统进行了测试, 以监测它是否稳定。稳定后, TMPGD 管脚输出高电平, 点亮发光二极管。另外, 我们还监测了 OUT1 的电压。刚开机时, 环境温度远低于 30 °C, 芯片对 TEC 输入最大加热电流, 使热敏电阻阻值变小, 导致 OUT1 的电压不断上升。当目标温度达到 30 °C 时, OUT1 的电压等于设定点温度电压值 ($V_{ref}/2$)。将设计好的 TEC 温度稳定电路与微测辐射热计 UL01011 相连, 待温度稳定后, 用高精度数字万用表测量 UL01011 中 CTN 两端的电压值的变化范围, 然后将其转换成电阻值, 即可以测出 TEC 的温度稳定范围。经过长时间

的测量发现, CTN 两端的电压值在 0.58024V 和 0.58028V 之间跳动, 相当于 CTN 电阻值有 0.5Ω 的变化。根据 CTN 阻值和温度变化关系计算, 目标温度的变化仅为 0.004 °C。

5 结论

与传统的单片机结合 AD、DA 转换器温控方案相比, 采用 ADN8831 温控电路的系统具有集成度高、功耗低、调节方便、不需软件控制以及可靠性高等特点。经过测试表明, 本文设计的基于 ADN8831 的温度控制系统可以有效地控制目标物体的温度, 能够使目标物体长期稳定地工作在设定温度下, 温控精度达到了 0.01 °C。

参考文献

- [1] 樊松波, 李庆辉, 林虹. 非制冷焦平面热像仪温度控制设计 [J]. *红外与激光工程*, 2005, **34**(4): 499-502.
- [2] 常本康, 蔡毅. *红外成像阵列与系统* [M]. 北京: 科学出版社, 2006: 235.
- [3] 郭经纬, 吴志明, 吕坚, 等. 基于 ADN8831 的高性能温度控制系统设计 [J]. *传感器与微系统*, 2008, **27**(2): 103-105.
- [4] Huang B J, Duang C L. System dynamic model and temperature control of a thermoelectric cooler [J]. *International Journal of Refrigeration*, 2000 (23): 197-207.
- [5] 赖寿宏. *微型计算机控制技术* [M]. 北京: 机械工业出版社, 1997: 50-92.
- [6] 陶永华. *新型 PID 控制及其应用* [M]. 北京: 机械工业出版社, 2002: 1-30.
- [7] 王立, 王立. *Photogrammetric engineering and remote sensing*, 2006, **72**(5): 591-596.
- [8] Wang Z, Bovik A. A universal image quality index [J]. *IEEE Signal Processing Letters*, 2002, **9**(3): 81-84.
- [9] Press W H, Saul A Teukolsky, et al. Numerical Recipes 3rd Edition: The Art of Scientific Computing [M]. 3. :Cambridge University Press, 2007, 1256.
- [10] Garzelli A, Nencini F. Interband structure modeling for Pan-sharpening of very high-resolution multispectral images [J]. *Information Fusion*, 2005, **6**(3): 213-224.
- [11] Maronna, RA and Martin, DR and Yohai, VJ. Robust Statistics: Theory and Methods. Probability and Statistics Series [M]. New York: John Wiley and Sons, 2006, 436.
- [12] Wald L, Ranchin T, et al. Fusion of satellite images of different spatial resolutions: Assessing the quality of resulting images [J]. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 1997, **63**(6): 691-699.
- [13] Aiazzi B, Alparone L, et al. MTF-tailored multi-scale fusion of high-resolution MS and pan imagery [J]. *Photogrammetric engineering and remote sensing*, 2006, **72**(5): 591-596.

(上接第 11 页)